



Semina: Ciências Agrárias

ISSN: 1676-546X

semina.agrarias@uel.br

Universidade Estadual de Londrina
Brasil

Sangoi, Luís; Picoli Junior, Gilmar José; Vargas, Vitor Paulo; Vieira, Jefferson; Schmitt, Amauri; Zoldan, Sérgio Roberto; Siega, Eduardo; Carniel, Giovani

Cobertura nitrogenada como estratégia para reduzir os prejuízos da desfolha em diferentes estádios fenológicos do milho

Semina: Ciências Agrárias, vol. 35, núm. 2, março-abril, 2014, pp. 671-682

Universidade Estadual de Londrina
Londrina, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744140009>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Cobertura nitrogenada como estratégia para reduzir os prejuízos da desfolha em diferentes estádios fenológicos do milho

Nitrogen side-dress as a strategy to reduce defoliation damages at different growth stages of maize

Luís Sangoi^{1*}; Gilmar José Picoli Junior²; Vitor Paulo Vargas²; Jefferson Vieira²; Amauri Schmitt²; Sérgio Roberto Zoldan²; Eduardo Siega³; Giovani Carniel³

Resumo

O nitrogênio pode mitigar os danos ocasionados pela redução de área foliar por influenciar a divisão celular. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da aplicação de doses de nitrogênio em cobertura como estratégia de manejo da desfolha do colmo em diferentes estádios fenológicos do milho. O experimento foi instalado em Lages, SC, nos anos agrícolas de 2008/2009 e 2009/2010. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso dispostos em parcelas subdivididas. Na parcela principal testaram-se as épocas de desfolha: sem desfolha; desfolha em V8 (oito folhas expandidas); desfolha em V15 (quinze folhas expandidas) e desfolha em VT (pendoamento). Nas subparcelas avaliaram-se quatro doses de nitrogênio: 0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹, aplicadas no dia da desfolha em cada estágio fenológico e em V8 na testemunha não desfolhada. A desfolha realizada em V8 não reduziu o rendimento de grãos do milho, em relação à testemunha não desfolhada, independentemente da dose de N aplicada. A aplicação de nitrogênio em V15 aumentou o rendimento de grãos, reduzindo os prejuízos ocasionados pela desfolha. As desfolhas realizadas em VT causaram grandes prejuízos à produtividade do milho, onde não houve recuperação pela aplicação subsequente de nitrogênio em cobertura. O sucesso da aplicação de N como estratégia para atenuar os prejuízos ocasionados pela desfolha depende do estágio em que a perda de área foliar ocorre e da dose de N aplicada.

Palavras-chave: *Zea mays*, nitrogênio, área foliar, rendimento de grãos

Abstract

Nitrogen can mitigate damages caused by leaf area reduction due to its influence on cell division. This work was carried out aiming to evaluate the efficiency of side-dressing different rates of nitrogen as a management strategy to maize stem defoliation at different growth stages. The experiment was set in Lages, during the 2008/2009 and 2009/2010 growing seasons. The experimental design was a randomized block with split plots. Three defoliation times were tested in the main plot: eight expanded leaves (V8), fifteen expanded leaves (V15) and tasseling (VT), plus a control without defoliation. Four nitrogen rates were assessed in the split-plots: 0, 50, 100 and 200 kg ha⁻¹ of N. Nitrogen was side-dressed at the defoliation day of each growth stage and at V8 in the control. Defoliations performed at V8 did not reduce grain yield, in comparison to the control, regardless of N rate. Side-dressing N rates at V15 increased grain yield, mitigating damages caused by defoliation. Defoliation carried out at VT promoted

¹ Prof. Associado do Deptº de Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC, Lages, SC. E-mail: a2ls@cav.udesc.br

² Discentes do Curso de Mestrado em Ciências Agrárias, UDESC, Lages, SC. E-mail: gilmarpicoli@yahoo.com.br; vitorpvargas@hotmail.com; jefferson.vieira05@hotmail.com; amauri.schmitt@agronomo.eng.br; sr.zoldan@hotmail.com

³ Discentes do Curso de Graduação em Agronomia, UDESC, Lages, SC. E-mail: edusiega@hotmail.com; giovani.carniel@hotmail.com

* Autor para correspondência

great grain yield reduction that could not be alleviated with subsequent nitrogen fertilization. The success of nitrogen side-dress as a strategy to minimize maize grain yield losses caused by defoliation depends on the growth stage leaf area reduction occurs.

Key words: *Zea mays*, nitrogen, leaf area, grain yield

Introdução

O rendimento de grãos do milho (*Zea mays*) depende da quantidade de radiação incidente, da eficiência da interceptação da radiação incidente, da eficiência de conversão da radiação interceptada em biomassa vegetal e da eficiência de partição de fotoassimilados aos grãos (ANDRADE; CIRILO; ECHARTE; 2000).

Apesar do elevado potencial produtivo, o milho apresenta acentuada sensibilidade a estresses durante o seu desenvolvimento. Várias são as condições que estressam a planta, entre estas se destaca a desfolha provocada por agentes bióticos, como a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), ou abióticos, como o granizo (VARGAS, 2010).

Os danos à área foliar diminuem a eficiência fotossintética da cultura, pois reduzem a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. Este efeito é potencializado quando a desfolha ocorre nos estágios mais avançados do ciclo, pois nas fases iniciais o milho apresenta grande capacidade de regeneração foliar (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). A desfolha do milho reduz a taxa de crescimento dos grãos e o seu período de enchimento (JONES; SIMONS, 1983), diminui a concentração de carboidratos não estruturais do colmo (VIEIRA, 2012), altera os teores de proteína e amido dos grãos (MANGEN; THOMISON; STRACHAN, 2005) e interfere na qualidade da silagem produzida (ROTH; LAUER, 2008).

Diante dos efeitos prejudiciais ocasionados pela desfolha, é importante buscar formas que minimizem este tipo de estresse, visando reduzir as perdas na produtividade e na qualidade do milho. Este objetivo pode ser alcançado pela regulação nutricional adequada da planta (VARGAS, 2010). O manejo da cobertura nitrogenada pode ser

uma estratégia eficiente para atenuar estresses ocasionados pela desfolha, já que o N é o nutriente que mais impacta o rendimento de grãos e ao qual a planta mais responde em condições limitantes (SILVA, 2006).

A adubação nitrogenada em cobertura é de amplo uso nas lavouras de milho, pois o nitrogênio é o elemento mais absorvido pela planta, interferindo diretamente sobre a divisão celular nos meristemas da planta e na definição da área foliar da cultura (PICOLI JUNIOR, 2011). Assim, esta prática de manejo pode ser usada como uma estratégia para diminuir estresses ocasionados pela redução do aparato fotossintético. A redução do efeito inibitório da desfolha pode ocorrer através do estímulo à regeneração foliar ou mediante o aumento na eficiência fotossintética.

A demanda por nitrogênio do milho nas fases iniciais do ciclo é pequena. Da quantidade total requerida pela cultura, apenas 5 a 10 % é absorvida até a diferenciação do primórdio floral (SANGOI et al., 2010). Em função disto, a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004) recomenda que a maior parte do fertilizante nitrogenado seja aplicada em cobertura quando a planta tiver de quatro a oito folhas expandidas, pois este é período em que o potencial produtivo da planta começa a ser definido.

A adubação nitrogenada feita após o estágio V8 (oito folhas expandidas) da escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993) normalmente não é recomendada para o milho, por ser menos efetiva agronomicamente e mais difícil de ser feita operacionalmente. Contudo, se houver desfolha ocasionada por agentes bióticos ou abióticos em estágios subsequentes, a cultura poderá responder a coberturas nitrogenadas mais tardias (SANGOI et al., 2010). Silva et al. (2005) constataram que alguns

híbridos contemporâneos de milho responderam a coberturas nitrogenadas feitas no emborrachamento e florescimento, especialmente em situações onde ocorreram deficiências de N na fase vegetativa e em lavouras com alto potencial de rendimento. Estes autores enfatizaram que coberturas nitrogenadas tardias são medidas emergenciais para atenuar algum tipo de estresse ocorrido durante as fases iniciais do ciclo. Nestes casos, o efeito tônico do nitrogênio pode estimular a recuperação de parte da produtividade que se julgava perdida pela redução da área foliar.

Considerando os prejuízos potenciais ocasionados pela desfolha e a necessidade de buscar alternativas para minimizá-los, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de nitrogênio em cobertura sobre o rendimento de grãos do milho submetido à desfolha em diferentes estádios fenológicos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no município de Lages, localizado no Planalto Sul de Santa Catarina, durante os anos agrícolas de 2008/2009 e 2009/2010. As coordenadas geográficas da área experimental são 27°50'35" de latitude Sul, 50°29'45" de longitude Oeste e altitude de 849 metros. O clima da região é do tipo Cfb, de acordo com a classificação de Köppen.

O solo da área experimental é um Nitossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2006). Segundo a análise de solos, realizada em setembro de 2008, a área experimental apresentava as seguintes características: 420 g kg⁻¹ de argila; 380 g kg⁻¹ de silte; 200 g kg⁻¹ de areia; 51,0 g kg⁻¹ de matéria orgânica; pH H₂O 5,5; índice SMP 5,7; 5 mg dm⁻³ de P; 0,50 cmol_c kg⁻¹ de K; 5,9 cmol_c kg⁻¹ de Ca; 2,8 cmol_c kg⁻¹ de Mg; 0,3 cmol_c kg⁻¹ de Al; 15,3 cmol_c kg⁻¹ de CTC.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, dispostos em parcelas

subdivididas, com quatro repetições. Na parcela principal testaram-se as épocas de desfolha: sem desfolha, desfolha em V8 (oito folhas expandidas), desfolha em V15 (quinze folhas expandidas) e desfolha em VT (pendoamento), conforme escala proposta por Ritchie, Hanway e Benson (1993). A desfolha foi feita manualmente retirando-se as folhas verdes totalmente expandidas (com colar visível), em cada estágio fenológico. Nas sub-parcelas avaliaram-se quatro doses de nitrogênio: 0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹. As aplicações de nitrogênio foram realizadas imediatamente após a remoção das folhas totalmente expandidas para cada estágio e em V8 na testemunha sem desfolha. Cada sub-parcela foi constituída por quatro linhas de seis metros de comprimento, espaçadas entre si por 0,7 m. A área útil foi composta pelas duas linhas centrais, excetuando 0,5m na extremidade de cada linha, perfazendo 7,0 m².

O experimento foi implantado em 8 de novembro de 2008 e 21 de outubro de 2009, no sistema de semeadura direta, sobre uma cobertura morta de aveia preta (*Avena strigosa*). Esta cobertura foi implantada em maio e dessecada no final de setembro de cada ano agrícola realizando a aplicação do herbicida glifosato.

A adubação de manutenção foi realizada no dia da semeadura, com nitrogênio, fósforo e potássio. As doses aplicadas foram baseadas na análise de solos e nas recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), para uma expectativa de rendimento de 12000 kg ha⁻¹. Foram aplicados em cada ano 245 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 110 kg ha⁻¹ de K₂O e 30 kg ha⁻¹ de N. As fontes desses nutrientes foram o superfosfato triplo, o cloreto de potássio e a uréia. Os fertilizantes foram aplicados na superfície do solo, sobre linha de semeadura.

No ano agrícola de 2008/2009 utilizou-se o híbrido AS1570, de ciclo precoce, na densidade de 55.000 pl ha⁻¹. Em 2009/2010 semeou-se o híbrido P32R22, de ciclo super-precoce, na densidade

de 70.000 pl ha⁻¹. Previamente à semeadura, as sementes foram tratadas com inseticidas para assegurar a obtenção do estande almejado. Em 2008/2009 utilizou-se inseticida à base de imidacloprid+thiodicarb (45 + 186 g de i.a. ha⁻¹) e em 2009/2010 à base de fipronil+tiametoxam (10 + 42 g de i.a. ha⁻¹). O controle de plantas daninhas foi efetuado com duas aplicações de herbicida. A primeira aplicação foi feita em pré-emergência da cultura, no dia da semeadura, com uma mistura de atrazina e s-metolachlor (1.480 + 1.160 g de i.a. ha⁻¹). A segunda aplicação foi realizada em pós-emergência quando as plantas estavam no estágio V3, utilizando o produto tembotrione (100 g de i.a. ha⁻¹).

Em 2008/2009 realizou-se uma cobertura nitrogenada em todo ensaio quando a cultura apresentava quatro folhas expandidas (V4), aplicando-se 50 kg ha⁻¹ de N. Posteriormente aplicaram-se as doses de N em V8, V15 e VT, conforme definido em cada tratamento. Em 2009/2010, o nitrogênio somente foi aplicado em cobertura após a época de desfolha, conforme as doses definidas para cada tratamento, com o intuito de melhor avaliar o potencial de recuperação do estresse pela aplicação do fertilizante nitrogenado.

Quando as plantas alcançaram o estágio R1 (espigamento) da escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993), avaliou-se a área foliar. Esta avaliação foi feita com uma trena medindo-se o comprimento (C) e a maior largura (L) de todas as folhas com pelo menos 50% de área foliar verde, de acordo com critério proposto por Borrás, Maddoni e Otegui (2003). A área foliar (A), expressa em cm², foi estimada utilizando-se a expressão: $A = C \times L \times 0,75$, onde o valor 0,75 é um coeficiente de correção utilizado por que as folhas não apresentam área retangular. O somatório das áreas de todas as folhas determinou a área foliar por planta. Este procedimento também foi adotado para as folhas removidas nos três estádios de desenvolvimento.

Os dados pluviométricos foram obtidos com

auxílio de pluviômetros instalados no local do experimento. Esses dados foram utilizados para cálculo do balanço hídrico relativo ao período compreendido entre outubro e abril dos dois anos agrícolas, conforme metodologia desenvolvida por Thornthwaite e Mather (1955).

A colheita foi feita manualmente no início do mês de maio de cada ano agrícola quando a umidade dos grãos estava entre 18% a 22%. As espigas foram colhidas e trilhadas em uma trilhadora estacionária. Os grãos foram acondicionados em estufa, sob ventilação e temperatura de aproximadamente 65°C, até atingirem massa constante. Os pesos obtidos da massa seca de grãos colhidos na área útil das subparcelas foram convertidos para um hectare, na umidade padrão de 130 g kg⁻¹, determinando-se assim o rendimento de grãos.

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pela análise de variância. A magnitude dos efeitos dos tratamentos frente ao erro experimental foi testada utilizando-se o teste F. Os valores de F para efeitos simples e interações foram considerados significativos ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$). Quando a significância foi observada, as médias do fator qualitativo (estádios fenológicos) foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$). No caso da detecção de significância para o fator quantitativo (doses de N), efetuou-se a análise de regressão polinomial, testando-se o modelo linear e quadrático e selecionando aquele que apresentou maior coeficiente de determinação com os dados da variável.

Resultados e Discussão

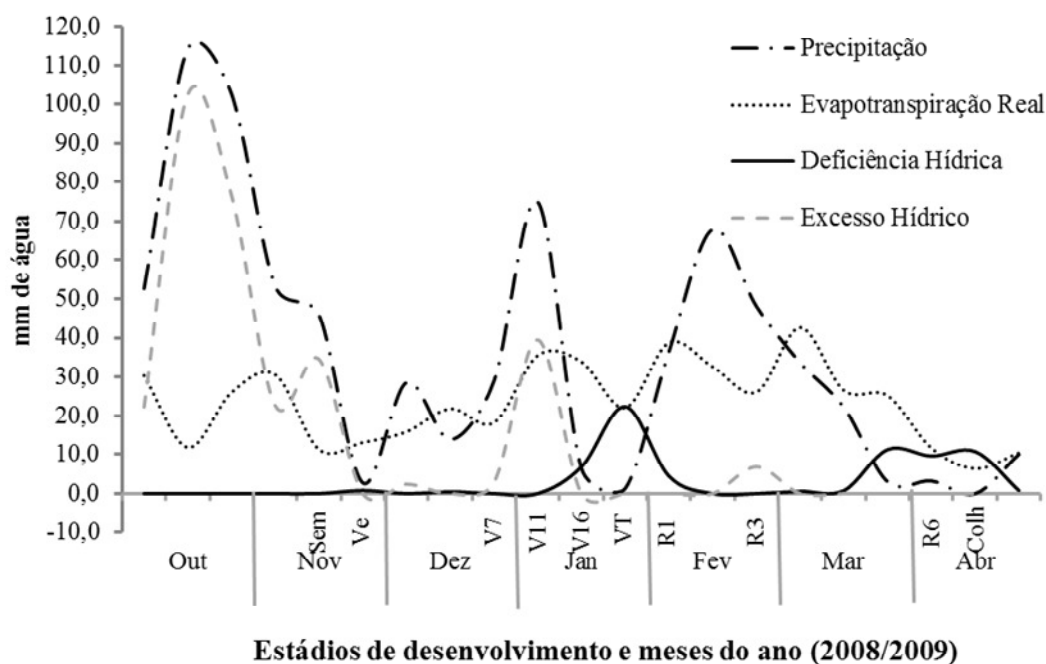
Os dados pluviométricos de 2008/2009 mostram que houve excesso hídrico, superior a 30 mm, no início do desenvolvimento do milho (Figura 1). Já na fase vegetativa, as precipitações foram relativamente bem distribuídas. O período compreendido entre meados de janeiro e início do mês de fevereiro apresentou deficiência hídrica de

22 mm de água. Este déficit hídrico coincidiu com o pendoamento e o espigamento da cultura, que ocorreram no último decêndio de janeiro.

As precipitações pluviais do ano agrícola 2009/2010 foram relativamente bem distribuídas situando-se ao redor de 61 mm por decêndio (Figura 2). No início de desenvolvimento e no final

do ciclo da cultura houve excesso hídrico, superior a 80 mm. No segundo e terceiro decêndios de dezembro observou-se uma deficiência hídrica de aproximadamente 20 mm. Esta ocorreu num curto período de tempo, em que a cultura se encontrava entre os estádios V15 e VT da escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993).

Figura 1. Balanço hídrico da safra 2008/09 na área experimental durante o desenvolvimento do milho, segundo metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955), considerando uma capacidade de armazenamento de água no solo de 75 mm. Lages, SC.



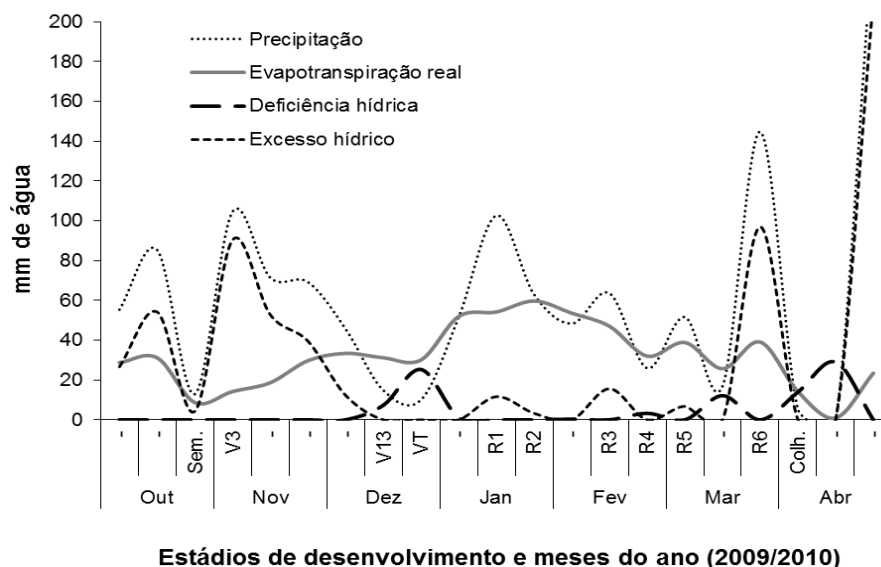
Fonte: Elaboração dos autores.

Estádios conforme escala de desenvolvimento proposta por Ritchie, Hanway e Benson (1993).

Nos dois anos em que se conduziu o trabalho, a área foliar remanescente no espigamento foi afetada pela interação entre o estágio do milho em que ocorreu a desfolha e a dose de N aplicada em cobertura. Em 2008/2009, a desfolha realizada em V8 não reduziu a área foliar, em relação às subparcelas não desfolhadas, independentemente da dose de N aplicada (Tabela 1). A ausência de diferença entre a área foliar nas subparcelas desfolhadas em V8 e naquelas não desfolhadas no primeiro ano deveu-se à senescência natural que

ocorreu nas folhas inferiores do híbrido AS 1570 com o avanço do desenvolvimento. Observou-se durante o espigamento que as subparcelas que não foram desfolhadas tinham um número similar de folhas verdes ao das subparcelas desfolhadas em V8. Isto indica que as oito primeiras folhas da planta senesceram naturalmente até o florescimento das subparcelas não desfolhadas. Já em 2009/2010, a desfolha realizada em V8 reduziu a área foliar, em relação às parcelas não desfolhadas, independentemente da dose de N aplicada.

Figura 2. Balanço hídrico da safra 2009/10 na área experimental durante o desenvolvimento do milho, segundo metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955), considerando a capacidade de armazenamento de água no solo de 75 mm. Lages, SC.



Fonte: Elaboração dos autores.

Estádios conforme escala de desenvolvimento proposta por Ritchie, Hanway e Benson (1993).

A senescência das folhas de milho inicia antes da cultura atingir a sua máxima área foliar, próximo ao florescimento, progredindo a taxas crescentes durante a fase reprodutiva (SADRAS; ECHARTE; ANDRADE, 2000; LAFARGE; HAMMER, 2002). A velocidade da sua evolução depende da cultivar. É possível que o maior número de folhas totais (24) produzidas pelo híbrido AS 1570, em relação ao P32R22 (21), tenha acelerado a senescência das folhas do extrato inferior do dossel e contribuído para a ausência de diferença estatística na área foliar das parcelas não desfolhadas e desfolhadas em V8 no primeiro ano agrícola.

A remoção das folhas expandidas quando o milho estava em V15 e em VT reduziu a área foliar remanescente da planta no espigamento, em relação às parcelas não desfolhadas e desfolhadas em V8, independentemente da dose de N aplicada e do ano agrícola (Tabela 1).

Nos dois anos agrícolas, a área foliar remanescente no espigamento foi influenciada pela

dose de N aplicada quando a desfolha foi realizada em V8. Em 2008/2009 houve efeito quadrático da dose sobre esta variável, sendo a maior área foliar alcançada com a dose de 119 kg de N ha⁻¹ (Figura 3A). Já em 2009/2010 houve um incremento linear de 6,9 cm² por kg de nitrogênio aplicado (Figura 3B). O incremento da área foliar remanescente no florescimento pela aplicação de doses crescentes de nitrogênio após a desfolha em V8 pode ter duas causas. A primeira é a retardamento da senescência das folhas, pois a nutrição adequada, especialmente a nitrogenada, propicia às plantas melhores condições de crescimento e desenvolvimento do tecido foliar, reduzindo os efeitos da deficiência deste nutriente sobre a senescência (WOLSCHICK et al., 2003). Além disto, o nitrogênio possivelmente teve um efeito estimulante na regeneração da área foliar das plantas desfolhadas precocemente, confirmando a hipótese que originou o trabalho. Por outro lado, não houve efeito da dose de N sobre a área foliar remanescente na floração quando a desfolha foi imposta em V15. Neste estágio fenológico, o

impacto do nitrogênio sobre a divisão e alongação celular nas folhas é potencialmente menor do que em V8, pois a maior parte das folhas produzidas pela planta já estava expandida quando o nutriente foi aplicado (SANGOI et al., 2010).

O rendimento de grãos de milho foi afetado pela interação entre época de realização da desfolha e dose de nitrogênio aplicada em cobertura nos dois anos em que se conduziu o trabalho. Não foram detectadas diferenças entre o rendimento de grãos das unidades experimentais não desfolhadas e daquelas em que as oito primeiras folhas expandidas do milho foram removidas, independentemente da dose de N utilizada (Tabela 2). Isto demonstra que as oito primeiras folhas produzidas pela planta foram pouco importantes para a produtividade do milho. Comportamento similar foi reportado por Lauer, Roth e Bertram (2004) e Tsukahara e Kochinski

(2008), que não verificaram reduções significativas no rendimento de grãos quando as desfolhas ocorreram na fase inicial do desenvolvimento do milho.

Em 2008/2009 observou-se decréscimo no rendimento de grãos em três das quatro doses avaliadas no trabalho quando o milho foi desfolhado em V15 (Tabela 2). Na média das quatro doses de N, as parcelas desfolhadas em V15 apresentaram um rendimento de grãos equivalente a 90,2% do valor obtido na testemunha, embora a área foliar remanescente deste tratamento fosse equivalente a 60,9% das parcelas não desfolhadas (Tabela 1). Portanto, a redução de área foliar foi percentualmente maior do que a do rendimento de grãos. Isto provavelmente está relacionado ao colmo do milho atuar como órgão modulador da restrição imposta às folhas quando elas sofrem algum tipo de prejuízo (SANGOI et al., 2001).

Tabela 1. Área foliar remanescente no espigamento do milho em função do estágio fenológico da desfolha e da aplicação de doses de N. Lages, SC, 2008/09 e 2009/2010.

Dose de N (kg ha ⁻¹)	Estádios de desfolha ^{1/}			
	Sem desfolha	V8	V15	VT
Área foliar (cm ² planta ⁻¹) ^{3/} – ano agrícola 2008/2009				
0	7.369 a ^{2/}	8.309 a	5.060 b	0,0 c
50	8.626 a	9.337 a	5.919 b	0,0 c
100	9.431 a	9.696 a	5.173 b	0,0 c
200	9.520 a	9.236 a	5.128 b	0,0 c
Área foliar (cm ² planta ⁻¹) ^{4/} – ano agrícola 2009/2010				
0	7.430 a	5.003 b	1.577 c	0 d
50	7.831 a	5.684 b	1.391 c	0 d
100	7.774 a	5.998 b	1.500 c	0 d
200	7.754 a	6.461 b	1.570 c	0 d

^{1/}V8 – oito folhas expandidas; V15 – quinze folhas expandidas; VT – pendoamento, segundo escala proposta por Ritchie, Hanway e Benson (1993).

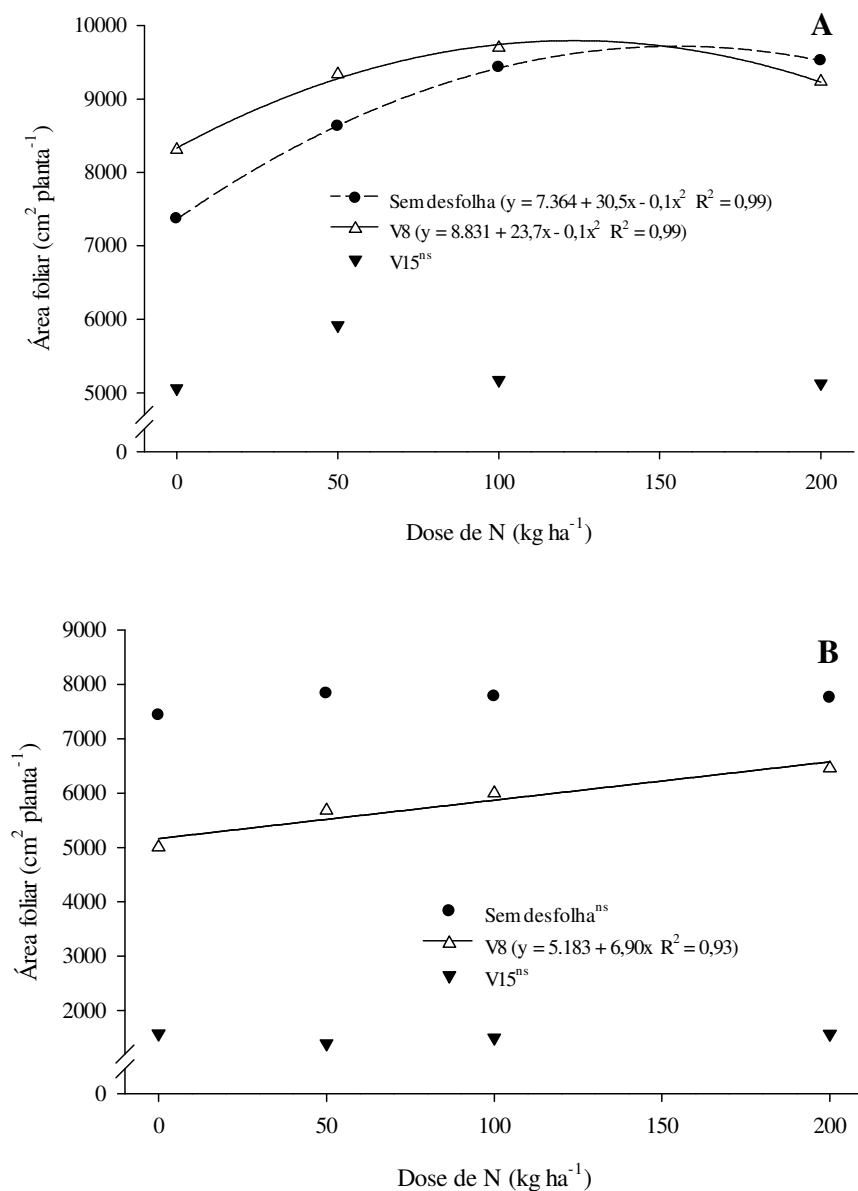
^{2/}Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{3/}CV = 10,7%.

^{4/}CV = 9,1%.

Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 3. Área foliar remanescente no espigamento do milho, em função do estágio fenológico da desfolha e da aplicação de doses de N. Lages, SC, 2008/09 (A) e 2009/2010 (B).



CV (A) = 10,7% CV (B) = 9,1%

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 2. Rendimento de grãos do milho em função do estágio fenológico da desfolha e da aplicação de doses de N. Lages, SC, 2008/09 e 2009/2010.

Dose de N (kg ha ⁻¹)	Estádios de desfolha ^{1/}			
	Sem desfolha	V8	V15	VT
Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹) ^{3/} – ano agrícola 2008/2009				
0	8.891 ab ^{2/}	9.750 a	7.821 b	193 c
50	9.805 ab	10.546 a	9.019 b	230 c
100	9.704 a	9.859 a	9.219 a	240 c
200	9.470 a	9.753 a	8.097 b	300 c
Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹) ^{4/} – ano agrícola 2009/2010				
0	8.064 a	8.153 a	2.800 b	443 c
50	8.987 a	9.065 a	3.813 b	490 c
100	9.644 a	9.086 a	3.925 b	415 c
200	10.260 a	9.677 a	4.193 b	594 c

^{1/}V8 – oito folhas expandidas; V15 – quinze folhas expandidas; VT – pendoamento, segundo escala proposta por Ritchie, Hanway e Benson (1993).

^{2/}Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

^{3/}CV = 8,8 %

^{4/}CV = 10,3 %

Fonte: Elaboração dos autores.

No segundo ano agrícola, a desfolha imposta em V15 reduziu significativamente o rendimento de grãos do milho em relação à testemunha e as parcelas desfolhadas em V8, independentemente da dose de N. Os decréscimos no rendimento de grãos promovidos pela remoção das 15 primeiras folhas expandidas pela planta foram numérica e percentualmente maiores em 2009/2010 do que em 2008/2009. As respostas do rendimento do milho a desfolha dependem do genótipo utilizado (MANGEN; THOMISON; STRACHAN, 2005). A utilização de um híbrido super-precoces no segundo ano de execução do trabalho provavelmente acentuou os prejuízos ocasionados pela desfolha em V15. A maior velocidade de crescimento vegetativo e de desenvolvimento das inflorescências masculina e feminina faz com que os híbridos super-precoces sejam geralmente mais exigentes em condições edáficas e climáticas favoráveis para o adequado desenvolvimento das espigas (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). A menor exigência calórica do P32R22 para florescer fez com este híbrido produzisse um menor número total de folhas e apresentasse menor área foliar remanescente durante o espigamento neste tratamento (Tabela 1),

o que ocasionou maior decréscimo no rendimento de grãos.

As menores produtividades foram obtidas nas subparcelas onde o milho foi desfolhado em VT. O rendimento de grãos neste tratamento variou de 193 a 594 kg ha⁻¹. O milho é mais suscetível à perda de área foliar fotossinteticamente ativa entre os estádios do pendoamento e espigamento do que em qualquer outra fase do seu ciclo (SANGOI et al., 2010). Por apresentar hábito de crescimento determinado, a planta não expande novas folhas após a floração, comprometendo o enchimento de grãos, caso as folhas expostas sejam danificadas. Com a eliminação total da área foliar, a radiação fotossinteticamente ativa não é interceptada, prejudicando a fotossíntese. Além da deficiência de fonte, os estigmas ficam desprotegidos após a desfolha nesse estágio, ocorrendo intensa desidratação destas estruturas reprodutivas o que compromete a germinação dos grãos de pólen, a formação do tubo polínico e a fertilização (VARGAS, 2010).

Em 2008/2009 não houve efeito da dose de N sobre o rendimento de grãos do milho na testemunha não desfolhada e quando a desfolha foi imposta em V8

(Figura 4A). Isto provavelmente ocorreu em função da alta disponibilidade de N no sistema decorrente do teor elevado de matéria orgânica do Nitossolo em que se conduziu o trabalho ($51,0 \text{ g kg}^{-1}$) e dos 80 kg de nitrogênio mineral que foram aplicados (30 kg na semeadura e 50 kg em V4) previamente à realização dos tratamentos de desfolha. Por outro lado, a dose de N interferiu na produtividade do milho quando as plantas foram desfolhadas em V15. Observou-se uma resposta quadrática do rendimento de grãos à dose de N aplicada neste estágio. A dose que maximizou a resposta foi de $106 \text{ kg de N ha}^{-1}$. Não houve diferença significativa de rendimento entre as subparcelas desfolhadas em V15 e aquelas onde as folhas foram preservadas, quando se reaplicou a dose de 100 kg ha^{-1} de N (Tabela 2). Neste caso, o N auxiliou na recuperação do milho submetido ao estresse por desfolha. Isto possivelmente aconteceu por que a aplicação de nitrogênio aumentou a eficiência fotossintética das folhas que se expandiram após a desfolha, visto que a área foliar remanescente no florescimento não foi afetada pela quantidade de N aplicada quando a remoção foi feita em V15 (Figura 3A). A taxa fotossintética é influenciada pelo estado nutricional do milho, sendo que maiores taxas fotossintéticas líquidas estão diretamente relacionadas à concentração de N no tecido foliar (AITA et al., 2001).

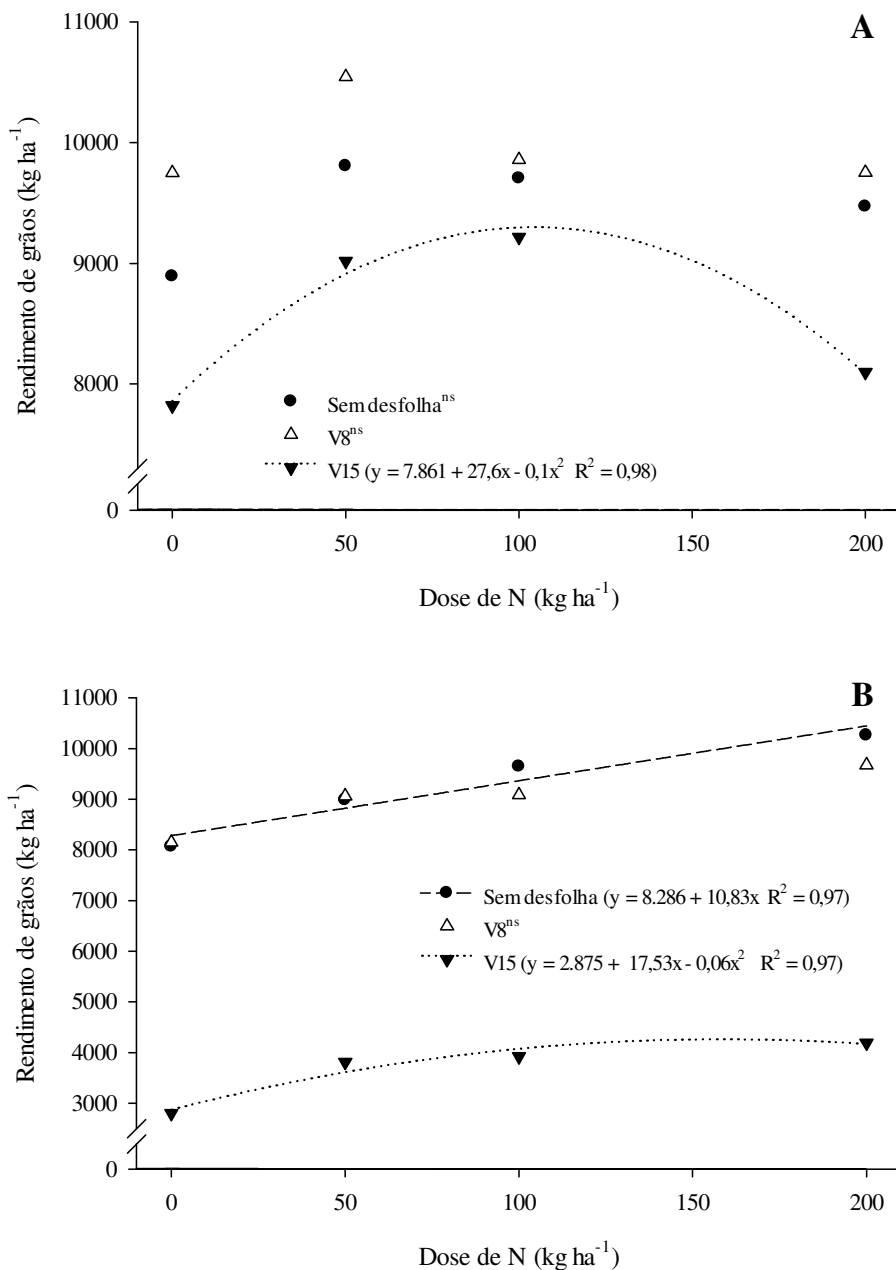
Em 2009/2010, a aplicação de doses crescentes de nitrogênio aumentou linearmente o rendimento de grãos da testemunha não desfolhada (Figura 4A). Os incrementos no rendimento foram de $10,8 \text{ kg}$ de grãos para cada kg de N aplicado em V8. Assim como no primeiro ano, houve aumento quadrático no rendimento do milho pela aplicação de doses crescentes de N quando a desfolha foi feita em V15. A dose que otimizou a produtividade do milho neste tratamento foi de $146 \text{ kg de N por ha}$. De forma análoga ao primeiro ano, os incrementos no rendimento ocasionados pelo nitrogênio aplicado em V15 não se deveram ao incremento na área foliar remanescente no florescimento (Figura 3B). Tsukahara e Kochinski (2008) observaram um comportamento aleatório do efeito da aplicação de N

sobre o rendimento de grãos do milho em diferentes estádios fenológicos, dependendo de aspectos fisiológicos que envolviam cada combinação de época, percentagem de desfolha e dose de N aplicada. Segundo estes autores, em $57,1\%$ dos casos a aplicação de N proporcionou incrementos na produtividade, em situações de redução de área foliar.

Nos dois anos em que se conduziu o trabalho, a dose de N aplicada após a desfolha em VT não afetou o rendimento de grãos (Figura 4A e 4B). Nesta situação a maior limitação é a ausência de folhas. Como o hábito do milho é determinado, o uso do nutriente não permitiu a emissão de novas folhas. Além disso, não havendo folhas, não ocorreu incremento na atividade fotossintética da planta. A ausência de fotoassimilados e o ressecamento dos estigmas inviabilizam a fertilização, promovendo grande decréscimo no número de grãos por espiga. Desta forma, quando aplicado no pendoamento, o nitrogênio não conseguiu auxiliar na recuperação do estresse ocasionado pela desfolha e os valores do rendimento de grãos foram inferiores a 600 kg ha^{-1} , independentemente da dose de N aplicada em cobertura (Tabela 2).

Os resultados obtidos no presente trabalho demonstraram que desfolhas realizadas em V8 não comprometeram o rendimento de grãos do milho. A aplicação de nitrogênio após a desfolha nesta fase aumentou a área foliar verde da planta no espigamento, mas não incrementou a produtividade da cultura. Já a aplicação de nitrogênio após a desfolha em V15 não interferiu na área foliar remanescente da planta no espigamento, mas aumentou o rendimento de grãos. Por outro lado, desfolhas realizadas em VT causam grandes prejuízos à produtividade do milho que não podem ser recuperados pela aplicação de nitrogênio em cobertura. Desta forma, conclui-se que o sucesso da aplicação de N como estratégia para atenuar os prejuízos ocasionados pela desfolha depende do estágio em que esta é imposta, da área foliar perdida e da dose de N utilizada.

Figura 4. Rendimento de grãos do milho em função do estágio fenológico da desfolha e da aplicação de doses de N. Lages, SC, 2008/09 (A) e 2009/2010 (B).



CV (A) = 8,8 % CV (B) = 10,3 %

Fonte: Elaboração dos autores.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de Bolsa de Produtividade em Pesquisa ao primeiro autor do trabalho e pelo apoio financeiro ao projeto (Editais 43/2008 – Agronegócio e 14/2009 – Universal).

Referências

AITA, C.; BASSO, C.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DAROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.

- ANDRADE, F.; CIRILO, A.; ECHARTE, L. Factors affecting kernel number in maize. In: OTEGUI, M.; SLAFFER, G. A. (Ed.). *Physiological bases for maize improvement*. New York: Haworth Press, 2000. p. 59-71.
- BORRÁS, L.; MADDONI, G.; OTEGUI, M. E. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 82, n. 1, p. 13-26, 2003.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2006. 306 p.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. *Produção de milho*. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.
- _____. *Produção de milho*. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2000. 360 p.
- JONES, R. J.; SIMMONS, S. R. Effect of altered source-sink ratio on growth of maize kernels. *Crop Science*, Madison, v. 23, n. 1, p. 129-134, 1983.
- LAFARGE, T. H.; HAMMER, G. L. Predicting plant leaf area production: shoot assimilate accumulation and partitioning and leaf area ratio are stable for a wide range of sorghum population densities. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 77, n. 1, p. 137-151, 2002.
- LAUER, J. G.; ROTH, G. W.; BERTRAM, M. G. Impact of defoliation on corn forage yield. *Agronomy Journal*, Madison, v. 96, n. 12, p. 1459-1463, 2004.
- MANGEN, T. F.; THOMISON, P. R.; STRACHAN, S. D. Early-season defoliation effects on topcross high-oil corn production. *Agronomy Journal*, Madison, v. 97, n. 4, p. 823-831, 2005.
- PICOLI JUNIOR, G. J. *Adubação nitrogenada como estratégia para minimizar estresses ocasionados pela desfolha e fitotoxicidade foliar em milho*. 2011. Dissertação (Mestrado Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. *How a corn plant develops*. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26 p. (Special Report, 48).
- ROTH, G. W.; LAUER, G. Impact of defoliation on corn forage quality. *Agronomy Journal*, Madison, v. 100, n. 7, p. 651-657, 2008.
- SADRAS, V. O.; ECHARTE, L.; ANDRADE, F. Profiles of leaf senescence during reproductive growth of sunflower and maize. *Annals of Botany*, Londres, v. 85, n. 1, p. 187-195, 2000.
- SANGOI, L.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, M. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 271-276, 2001.
- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L. *Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos*. Lages: Graphel, 2010. 87 p.
- SILVA, E. C. Manejo do nitrogênio no milho em Latossolo Vermelho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 5, p. 477-486, 2006.
- SILVA, P. R. F.; COZER, R. P.; SANGOI, L.; STRIEDER, M. L.; RAMBO, L.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Grain yield and kernel protein content increases of maize hybrids with late nitrogen side-dresses. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 487-492, 2005.
- THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. *The water balance*. New Jersey: Laboratory of Climatology, 1955. 104 p.
- TSUKAHARA, R. Y.; KOCHINSKI, E. G. Efeito da redução da área foliar a reaplicação de nitrogênio sobre os componentes de produção em milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. *Resumos...* Sete Lagoas: ABMS/EMBRAPA milho e sorgo/IAPAR, 2008. CD-ROM.
- VARGAS, V. P. *Manejo da adubação nitrogenada na recuperação de estresses em milho*. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.
- VIEIRA, J. *Tolerância à desfolha em diferentes estádios fenológicos de cultivares de milho com bases genéticas contrastantes*. 2012. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.
- WOLSCHICK, D.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; JADOSKI, S. O. Adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com ‘El Niño’. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 461-468, 2003.